

УДК 004.032.26

*К.М. Троцюк, студентка гр. ПК-71  
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

## **ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ДРОНІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ВІТРЯНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ**

**Анотація.** У даній роботі наведені різні аспекти застосування інтелектуальних систем аналізу даних в складі алгоритмів роботи промислових дронів в задачах неруйнівного контролю технічного стану вітряних електростанцій. Проведено аналітичний огляд існуючих проектів, в яких дрони використовуються як засіб контролю вітряних електростанцій. Запропоновано використання методів машинного навчання для автоматизації процесу розпізнавання і класифікації дефектів, а також потенційної автоматичної навігації і попереднього усунення виявлених пошкоджень.

**Ключові слова:** неруйнівний контроль, згорткові нейронні мережі, дрони, вітряні електростанції.

### **ВСТУП**

Україна володіє значними ресурсами вітрової енергії і завдяки своїм природно-кліматичним характеристикам може вийти на одне з провідних місць в світі по використанню енергії вітру. Необхідність контролю вітрових електростанцій (ВЕС) обґрунтована тим, що вітроенергетичні генератори не тільки становлять небезпеку для птахів, які масово розбиваються об лопаті їх генераторів, а й повинні в цілодобовому режимі забезпечувати безперебійну роботу. Вітряний генератор є великомасштабною і технічно складною конструкцією. Поява будь-яких дефектів або відхилень від нормальних режимів роботи може привести до тяжких наслідків, аж до руйнування генератора.

Проведення контролю технічного стану промислових об'єктів - важлива частина роботи національної інфраструктури будь-якої країни. Результати перевірок допомагають ліквідувати "вузькі місця" в системі і в потрібний час виконувати роботи з технічного обслуговування. Все частіше зустрічаються приклади успішного досвіду застосування безпілотників в енергетичній сфері [1]. Цей досвід говорить про те, що дрони підвищують ефективність роботи, знижують потенційний ризик для людей і устаткування, а також сприяють скороченню витрат на перевірки і виконання різних технічних робіт.

Перспективним і актуальним завданням на сьогоднішній день є автоматизація проведення контролю з використанням безпілотних апаратів. Дрони, забезпечені штучним інтелектом, зможуть самі приймати рішення щодо технічного стану обладнання, не вимагаючи участі операторів і техніків. Такі дрони зможуть підлітати до вітряної турбіни не тільки для її огляду, а й для установки датчика і навіть ремонту. Головна особливість інтелектуальних дронів полягає в тому, що вони не управляються дистанційно і самі приймають рішення. Це означає також і те, що роботи можуть проводити перевірки там, куди не доходять радіосигнали і куди неможливо протягнути контрольні кабелі.

### **ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ РОБІТ**

Для вітряних електростанцій характерні такі дефекти, як наявність слабких ланок і джерел енергетичних втрат, дефекти металу або, що більш імовірно, дефекти кріплень сусідніх елементів. Зазначені дефекти можуть бути як закладені на етапі виробництва і монтажу конструкції, так і виникати в процесі

роботи ВЕС в результаті впливу зовнішніх факторів. Одними з основних методів контролю вітряних електростанцій є візуально-оптичний і тепловий. Вони знайшли свою популярність завдяки таким перевагам, як безконтактність і простота в реалізації.

Візуальний метод контролю відрізняється малою трудомісткістю і простотою контролю. Поряд з перевагами візуально-оптичний метод має і недоліки, до яких відносяться недостатньо високі достовірність і чутливість, тому метод можна застосовувати для виявлення лише поверхневих дефектів [2].

В даний час метод теплового неруйнівного контролю (ТНК) став одним з найбільш затребуваних в теплоенергетиці, будівництві та промисловому виробництві, так як він дозволяє виявляти приховані порушення в роботі внутрішніх механізмів. Наприклад, в разі неполадок, на підставі термограм можна проаналізувати температурне поле і визначити можливі відхилення від норми. За неоднорідності теплового поля можна судити про технічний стан об'єктів контролю[3].

Для аналізу застосування безпілотних літальних апаратів з практичної точки зору можна навести приклад їх використання в Шотландії, де автономні маневрені роботи здатні не тільки оглядати пошкоджені електростанції, а й самостійно їх ремонтувати [4]. Ще одним прикладом підвищення якості контролю є досвід компаній DJI і DroneUA. За їхніми даними, використання дронів скорочує час робіт і підвищує достовірність контролю. Основними перевагами проведення візуального і теплового неруйнівного контролю з використанням безпілотників є висока продуктивність, доступність і гнучкість запропонованих рішень [5].

Зазначені безпілотні летальні апарати керуються операторами з землі, основна роль яких полягає в зборі коректних даних і побудові маршруту інспекції, іноді аналізу в реальному часі. Будь-які рішення щодо технічного стану елементів вітряних електростанцій приймається дефектоскопістом на підставі аналізу тисяч отриманих фотографій і відеозаписів, і результат безпосередньо залежить від досвіду фахівця. Подібні дослідження досить часовитратні, а результат не завжди гарантує достовірність і ефективність контролю. В зв'язку з чим, для вирішення подібних проблем пропонується використання інтелектуальних алгоритмів аналізу даних на підставі методів машинного навчання, зокрема, нейронних мереж.

## **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

В основі неруйнівного контролю з використанням дронів лежить отримання фотографічних або термографічних даних (рис. 1). Для цього необхідно підняти дрон в повітря, безпосередньо отримати дані, потім їх слід обробити і прийняти рішення на підставі аналізу. Виконання всіх елементів цієї послідовності дій можна автоматизувати з використанням інтелектуальних алгоритмів. З технічної точки зору, для успішної роботи потрібно три елементи: дрон, в якості платформи, яка несе на собі корисне навантаження, саме корисне навантаження у вигляді фото- та інфрачервоних камер та інших датчиків, а також програмне забезпечення для управління і автоматичного аналізу даних.

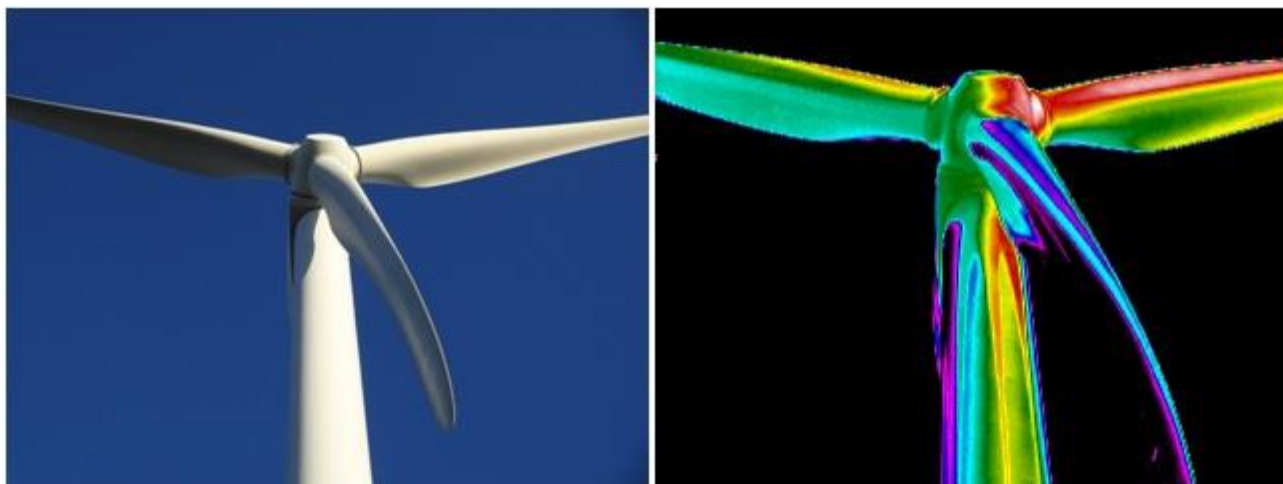


Рис.1. Візуальне зображення та термограма вітрового електрогенератора

Як інструмент для автоматизації аналізу отриманих фотознімків і термограм можуть бути використані згорткові нейронні мережі. Розпізнавання зображень за допомогою даних мереж засноване на глибокому навчанні, ідея якого полягає в тому, щоб максимально близько змодельовати роботу людської нервової системи - а саме, її здатності до навчання і виправлення помилок. Такий підхід сьогодні вирішує багато завдань ефективніше, ніж людський зір. Його перевага полягає в тому, що для контролю створюється програмний продукт, який підвищує швидкість і якість виявлення дефектів. В цьому і полягає головна особливість мережі - вона здатна самостійно навчатися і діяти на підставі попереднього досвіду, з кожним разом роблячи все менше помилок [6].

Також для найбільшої ефективності пропоновану систему аналізу даних необхідно реалізувати прямо на борту дрона. Такий підхід дозволить приймати йому рішення перебуваючи в польоті без участі оператора. У разі виявлення дефекту, дрон може самостійно визначити і позначити координати даної вітряної станції на карті з докладним описом дефекту, прикріпивши фото і термограми дефектної ділянки. Завдяки закладеному алгоритму безпілотною буде мати можливість наблизитися до конкретного дефектного ділянці для детального дослідження. У разі відсутності відхилень від норми при скануванні вітряної станції - дрон з використанням алгоритмів автоматичної навігації самостійно продовжує рух до наступної точки маршруту. Таким чином, весь процес польоту, збору і аналізу даних буде виконуватися без участі оператора.

Використання безпілотних літальних апаратів допоможе з легкістю виявити дефекти, які найбільш часто зустрічаються в роботі вітряних електростанцій. Наприклад, використовуючи нейронні мережі, за допомогою тепловізора на дроні є можливість виявляти енергетичні втрати, так як вони будуть приводити до перегріву елементів системи, кабелів або механізмів. Також з використанням машинного навчання не важко виявити слабкі ланки або дефекти металу. Однак існує ряд недоліків такого способу контролю у вигляді обмежень за часом роботи, дальності і висоті польоту, нездатності утримати висоту у разі втрати зв'язку. Також немалоймовірні затримки отримання результатів, складності регулювання кута нахилу камери тощо.

## **ВИСНОВКИ**

Використання інтелектуальних систем аналізу даних дозволяє зменшити роль оператора в прийнятті рішень, підвищити рівень безпеки і скоротити часові витрати. Ключовим моментом в ефективності результату запропонованих алгоритмів обробки даних є якість і технічні параметри обладнання, яке використовується для отримання фотознімків і термограм. Важливими параметрами вважаються обмеження, які накладає апаратна частина дрона, так як саме від них залежить практична реалізація запропонованих ідей. Тому всі подальші дослідження повинні проводитися з урахуванням останніх досягнень в області алгоритмів автоматичного управління та навігації, конструювання безпілотних апаратів і їх технічного оснащення.

## **СПИСОК ВКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] Микийчук М. М. Метрологічне забезпечення моніторингу з використанням безпілотних літальних апаратів / М. М. Микийчук, Н. С. Зіганшин // Вимірювальна техніка та метрологія: міжвідомчий науково-технічний збірник / М. М. Микийчук, Н. С. Зіганшин. – Львів: Львівська політехніка, 2018. – №4(79). – С. 47–53.
- [2] Радько О. В. Вибір методів контролю якості конструкційних елементів машин та механізмів / О. В. Радько, Н. А. Медведєва, О. І. Кремешний // Теоретичні основи розробки систем озброєння / О. В. Радько, Н. А. Медведєва, О. І. Кремешний. – Київ: Національний авіаційний університет, 2015. – №2(42). – С. 127–130.
- [3] Galagan R. M. Statistical analysis of thermal nondestructive testing data / R. M. Galagan, A. S. Momot. // Advanced Information Systems. – Kharkiv. – 2019. – №3. – pp. 58–62.
- [4] Optimization approaches for civil applications of unmanned aerial vehicles (UAVs) or aerial drones: A survey / A. Otto, N. Agatz, J. Campbell et. al. // Networks. – 2018. – №72. – С. 411–458.
- [5] Galagan R. M. The use of ART-2 neural network for processing information signals of non-destructive testing / R.M. Galagan, A.S. Momot. // proc. 2017 IEEE First Ukraine Conference on Electrical and Computer Engineering (UKRCON) Kiev, 29 May-2 June 2017 / IEEE. – 2017. – pp. 981–985
- [6] Скопа О. О. Коцептуальні положення розвитку нейронних мереж / О. О. Скопа // Наукові записки УНДІЗ / О. О. Скопа. – Одеса: Міжнародний гуманітарний університет, 2008. – №1(3). – С. 18.

*Наук. керівник – ас. Момот А. С.*